



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 49 906 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
G 01 S 7/28
G 01 S 13/93

②① Aktenzeichen: 100 49 906.6
②② Anmeldetag: 10. 10. 2000
④③ Offenlegungstag: 11. 4. 2002

DE 100 49 906 A 1

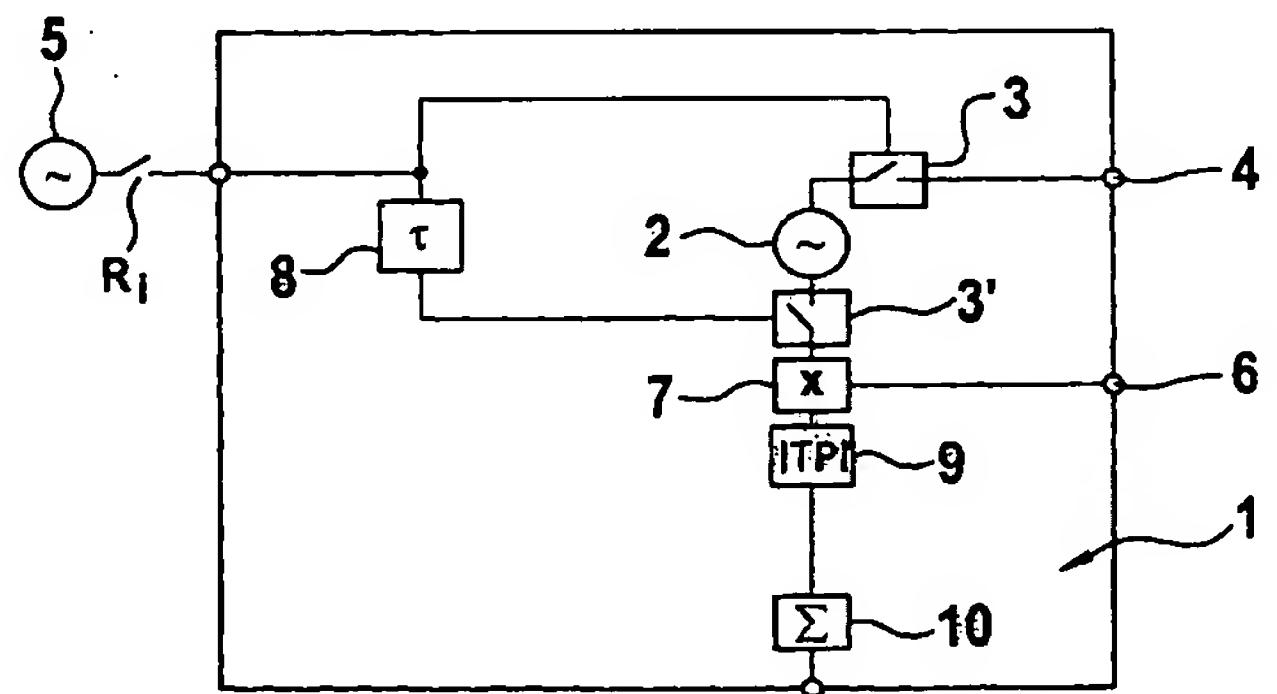
⑦① Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Klennert, Roland, 70825 Korntal-Münchingen, DE;
Voigtlaender, Klaus, Dr., 73117 Wangen, DE;
Schmidt, Hauke, Dr., East Palo Alto, Calif., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Sensoranordnung mit einem Puls-Echo-Radar

⑤⑦ Es wird eine Sensoranordnung mit einem Puls-Echo-Radarsystem vorgeschlagen, mit der ein Trägersignal eines Mikrowellen-Sendeoszillators (2) pulsförmig mit einer vorgegebenen Pulswiederholrate in einem Sendefenster ausgesendet wird. Dieses Radarsignal wird an einem Zielobjekt reflektiert, und in einem Mischer (7) wird aus der Zeit vom Aussenden des Pulses und dem Eintreffen der reflektierten Strahlung die Lage des Zielobjekts ermittelt. Es kann ein Array von mehreren Sender- und Empfängerbaugruppen (11, 20, 30, 40) mit Schaltern (R_1, R_2, R_3, R_4) aufgebaut werden, bei denen die stochastischen Pulsfolgen jedes Sendefensters in jedem Empfängerzweig (7, 9, 10) bekannt sind und die Sender- und Empfängerbaugruppen (11, 20, 30, 40) derart miteinander verknüpft sind, dass in jedem der Empfängerzweige (7, 9, 10) die stochastischen Pulsfolgen jedes Sendefensters separat erfasst werden und damit auch die Kreuzechos auswertbar sind.



DE 100 49 906 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sensoranordnung mit einem Puls-Echo-Radar nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

[0002] Es ist beispielsweise aus der DE 44 42 189 A1 bekannt, dass bei einem System zur Abstandsmessung im Umgebungsbereich von Kraftfahrzeugen Sensoren mit Send- und Empfangseinheiten zugleich zum Senden und Empfangen von Informationen verwendet werden. Unter Zuhilfenahme der Abstandsmessung können hier passive Schutzmaßnahmen für das Fahrzeug, beispielsweise bei einem Front-, Seiten- oder Heckaufprall aktiviert werden. Mit einem Austausch der erfassten Informationen kann zum Beispiel eine Beurteilung von Verkehrssituationen zur Aktivierung entsprechender Auslösesysteme durchgeführt werden.

[0003] Es ist darüber hinaus für sich gesehen allgemein bekannt, dass eine Abstandsmessung mit einem sogenannten Pulsradar vorgenommen werden kann, bei dem ein Trägerpuls mit einer rechteckförmigen Umhüllung einer elektromagnetischen Schwingung im Gigahertzbereich ausgesendet wird. Dieser Trägerpuls wird am Zielobjekt reflektiert und aus der Zeit vom Aussenden des Impulses und dem Eintreffen der reflektierten Strahlung kann die Zielentfernung und mit Einschränkungen unter Ausnutzung des Dopplereffekts auch die Relativgeschwindigkeit des Zielobjekts leicht bestimmt werden. Ein solches Messprinzip ist beispielsweise in dem Fachbuch A. Ludloff, "Handbuch Radar und Radarsignalverarbeitung", Seiten 2-21 bis 2-44, Vieweg Verlag, 1993 beschrieben.

[0004] Für die sichere Ansteuerung der eingangs erwähnten Insassenschutzsysteme in einem Kraftfahrzeug werden in der Regel eine Vielzahl von Radarsensoren für die einzelnen Konfliktsituationen im Umgebungsbereich des Kraftfahrzeuges benötigt. Beispielsweise ist eine Kollisionsfrüherkennung (Precrashererkennung) notwendig, um eine vorzeitige Erfassung eines Objekts zu ermöglichen, welches bei einer Kollision eine Gefahr für die Fahrzeuginsassen darstellt.

[0005] Die bekannten Radarsensoren für den Puls-Echo-Betrieb senden dabei in der Regel mit einer festen Wiederholrate periodisch die Pulse aus, so dass die Pulsfolgen verschiedener Sender somit in der Regel nicht unterscheidbar sind. Wenn die Sender eines Mikrowellenradarsystems unabhängig voneinander arbeiten, z. B. mit einer Pulswiederholrate von 6 MHz, einer Trägerfrequenz von 24 GHz und einer Pulsbreite von ca. 350 ps, empfängt jeder Sensor nur Objektechos der Eigenpulse und die Echos von Pulsen der anderen Sender werden nicht bzw. nur in Form von Signalausbreitungen empfangen.

[0006] Für sich gesehen ist es beispielsweise aus der DE 198 02 724 A1 bekannt, dass bei einer Überwachungseinrichtung codierte Ultraschallimpulse ausgesendet werden, die mit entsprechenden Signal-Echo-Sensoren detektiert werden. Hierbei werden somit zur Unterscheidbarkeit der empfangenen Impulse diese vorher mittels eines Zufallsgenerators codiert und dann entsprechend selektiv ausgewertet.

Vorteile der Erfindung

[0007] Die Erfindung geht von einer eingangs erwähnten Sensoranordnung mit einem Puls-Echo-Radarsystem aus, bei der ein Trägersignal eines Mikrowellensenders pulsförmig mit einer vorgegebenen Pulswiederholrate ausgesendet wird. Dieses Mikrowellensignal wird an einem Zielobjekt

reflektiert und in einer Mischerschaltung wird aus der Zeit vom Aussenden des Pulses und dem Eintreffen der reflektierten Strahlung die Lage des Zielobjekts hergeleitet. In vorteilhafter Weise werden dabei mittels eines zufalls-gesteuerten Schalters die Pulse nur mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit ausgesendet, wobei dann zur Auswertung der empfangenen Signale die stochastischen Pulsfolgen des Senders beim Empfänger bekannt sind. Durch diese Codierung ist auch hier eine Unterscheidbarkeit mehrerer gesendeter Signale möglich.

[0008] Erfindungsgemäß ist bei einer bevorzugten Ausführungsform ein Array aus mehreren, in einer beliebigen Anzahl $n \geq 1$ vorhandenen, Sender- und Empfängerbaugruppen aufgebaut, bei denen die stochastischen Pulsfolgen jedes Senders bei jedem Empfänger bekannt sind und die Sender- und Empfängerbaugruppen derart miteinander verknüpft sind, dass an jedem Empfänger die stochastischen Pulsfolgen jedes Senders separat auswertbar sind. Mit der zuvor erwähnten Schaltungsanordnung ist das Sendefenster in Abhängigkeit von der stochastischen Pulsfolge des jeweiligen Senders freigebbar und an jedem Empfänger wird ein Empfangsfenster für alle ausgesendeten Pulse geöffnet. Eine Korrelation der jeweils einem Sender zugehörigen Signale mit den jeweils zugehörigen empfangenen Signalen wird dann in vorteilhafter Weise nach einer Mischung der empfangenen Signale mit dem Trägersignal in jeder der jeweiligen Mischerschaltungen der Sender- und Empfängerbaugruppen durchgeführt.

[0009] Mit der erfindungsgemäßen stochastischen Codierung der Sendepulsfolgen ist es prinzipiell möglich, bei einer Anordnung von mehreren Send- und Empfangsbaugruppen aus einer empfangenen Pulsfolge den Sender und den Sendzeitpunkt zu rekonstruieren, und somit die Störsicherheit gegenüber Fremdsendern zu erhöhen, da nun neben der Empfangsstörleistung auch die Codierung die Detektion beeinflusst. Somit ist auf einfache Weise eine Kreuzechoauswertung des gesamten Arrays für die Lagebestimmung des Zielobjekts ermöglicht.

[0010] Weiterhin kann eine Diskriminierung von sogenannten späten Echos durchgeführt werden, d. h. von Echos von Objekten, die außerhalb des Eindeutigkeitsbereiches (z. B. 15 m bei einer Anwendung in der Kraftfahrzeugtechnik) liegen. Dies gilt auch für durch Mehrfachreflexionen entstehende Scheinobjekte, die außerhalb des Erfassungsbereiches zu liegen scheinen. Auf einfache Weise kann auch ein größerer Signal-Rausch-Abstand erreicht werden, wenn die Pulswiederholrate erhöht wird, wobei die Pulsperiode sogar die Lichtlaufzeit über den Erfassungsbereich unterschreiten darf.

[0011] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform ist in jeder der Sender- und Empfängerbaugruppen jeweils ein von dem Schalter im Sendezweig jeweils einer Sender- und Empfängerbaugruppe gesteuertes FiFo-Register vorhanden, mit dem zur Korrelation der jeweils einem Sender zugehörigen Signale mit den jeweils zugehörigen verzögerten empfangenen Signalen das jeweilige Empfangssignal auf einen separaten Akkumulator geschaltet wird.

[0012] Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

[0013] Die erfindungsgemäße Sensoranordnung wird anhand von vorteilhaften Ausführungsbeispielen in der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

[0014] Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Sende- und Empfangsbaugruppe eines stochastisch codierten Mikrowellenradarsystems nach dem Puls-Echo-Verfahren und

[0015] Fig. 2 ein Blockschaltbild eines Arrays von Sende- und Empfangsbaugruppen eines Mikrowellenradarsystems nach der Fig. 1.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0016] In Fig. 1 ist ein Blockschaltbild einer Sende- und Empfangsbaugruppe 1 eines Mikrowellenradarsystems dargestellt, das einen Sendeoszillator 2 für das Trägersignal, z. B. mit einer Frequenz von 24 GHz, aufweist, wobei der erste Ausgang des Sendeoszillators 2 über einen Schalter 3 so geschaltet wird, das am Ausgang 4 der Baugruppe 1 ein gepulstes Ausgangssignal vorliegt. Der Schalter 3 wird von einem Taktgenerator 5 angesteuert, der beispielsweise eine Taktfrequenz von 50 MHz aufweisen kann. Das Taktsignal des Taktgenerators 5 ist hier über einen zusätzlichen Schalter R_i geführt, über den die Sendepulsfolge stochastisch codiert wird.

[0017] Der Schalter R_i bewirkt hierbei, dass nicht jeder Puls des Taktgenerators 5 gesendet wird und ein Puls stattdessen nur mit einer durch den Schalter R_i vorgegebenen Wahrscheinlichkeit P gesendet wird. An einen Empfänger Eingang 6 der Baugruppe 1 gelangt das von einem Zielobjekt reflektierte Empfangssignal und wird auf einen Mischer 7 geführt. An diesem Mischer 7 liegt außerdem das Trägersignal des Sendeoszillators 2 an, das hier ebenfalls mit dem codierten Taktsignal des Taktgenerators 5, allerdings in einem Baustein 8 verzögert um einen Zeitfaktor τ (0 bis 2π), über einen Schalter 3' gepulst ist.

[0018] Mit der Verzögerung im Baustein 8 wird in einer an sich aus dem Stand der Technik bekannten Weise ein Entfernungsfenster der Sensoranordnung definiert, da auch das gesendete, am Zielobjekt reflektierte und am Eingang 6 empfangene Signal eine durch die Entfernung des Zielobjekts bestimmte Laufzeit aufweist. Das durch die Mischung gewonnene entfernungsabhängige Signal wird nach einer Filterung und Betragsbildung in einem Tiefpass 9 auf einen Akkumulator 10 geführt. Für die am Zielobjekt reflektierten Pulsechos wird hier, bei richtiger Wahl der Pulsverzögerung, aufgrund der Codierung des Sendesignals nur ein Bruchteil derjenigen Energie im Akkumulator 10 detektiert, die ohne Codierung empfangen worden wäre. Dieser Effekt kann durch eine einfache Erhöhung der Pulswiederholrate, von z. B. herkömmlichen 6 MHz auf 18 MHz oder höher, kompensiert werden.

[0019] Aus Fig. 2 ist der Aufbau eines Arrays von Sender-/Empfängerbaugruppen 11, 20, 30 und 40 zu entnehmen, die sich von dem Aufbau der Sender-/Empfängerbaugruppe nach der Fig. 1 im wesentlichen durch die Lage und Anzahl weiterer Schalter R_1 bis R_4 bzw. R'_1 bis R'_4 unterscheidet. Gleichwirkende Bauteile sind mit den gleichen Bezugszeichen wie bei der Fig. 1 versehen.

[0020] Bei der Verwendung mehrerer Sender-/Empfängerbaugruppen 11, 20, 30 und 40 nach der Fig. 2 ist mit Hilfe der stochastischen Codierung mit den Schaltern R_1 bis R_4 , entsprechend dem Schalter R_i nach der Fig. 1, eine Kreuzechoauswertung möglich, wenn die stochastischen Pulsfolgen des Sendesignals am jeweiligen Ausgang 4 dem jeweiligen Empfangszweig am Eingang 6 bekannt sind. Die Pulsansteuerung für das jeweilige Sendefenster mit dem

Schalter 3 wird beim Ausführungsbeispiel nach der Fig. 2 durch den Schalter R_1 für die Baugruppe 11, bis Schalter R_4 für die Baugruppe 40, abhängig von der stochastischen Pulsfolge des Sendesignals der jeweiligen Baugruppe 11 bis 40 direkt freigegeben oder nicht freigegeben.

[0021] Im Empfangszweig der jeweiligen Baugruppen 11 bis 40 sollen Pulse von allen Sendefenstern empfangen werden. Daher muss das Empfangsfenster in jeder Baugruppe 11 bis 40 vor dem Mischer 7 und dem Tiefpass 9 mit jedem der gesendeten Pulse geöffnet werden. Die Korrelation der jeweiligen stochastischen Sendefolge einer der Baugruppen 11 bis 40 erfolgt somit erst hinter dem Mischer 7. Hier wird das am jeweiligen Eingang 6 empfangene Signal, nach der Filterung und Betragsbildung im Tiefpass 9, abhängig von den zufälligen Werten 0 oder 1 der Schalter R_i (R_1 bis R_4) des jeweiligen Sendezweiges der Baugruppen i (11 bis 40) in der betreffenden Pulsperiode auf die jeweiligen Akkumulatoren A_i (hier 12 bis 15 in der Baugruppe 11) geschaltet oder nicht geschaltet.

[0022] Die Schaltzustände der Schalter R_1 bis R_4 werden hierfür an jeder der Baugruppen 11 bis 40 über entsprechend Eingänge an sog. FiFo-Pufferspeicher 16 bis 19 geführt, mit denen die Schaltzustände um eine jeweils festlegbare Anzahl von Perioden des Taktgenerators 5 verzögert werden können, wodurch gezielt verschiedene Entfernungsbereiche auswertbar sind. Die Ausgangsspannung an jedem Akkumulator A_i unterscheidet sich abhängig davon, ob die Schalterpulsfolge mit der Empfangspulsfolge korreliert war oder nicht. Für n Sender erhält man somit n^2 Akkumulatoren A_{ij} ($i, j = 1 \dots n$ entsprechend dem Akkumulator für Sender j im Empfangszweig i). Die Akkumulatoren A_{ii} enthalten dabei die Eigenpulsechos und die Akkumulatoren $A_{ij \neq i}$ die Kreuzechos.

[0023] Da die Ausbreitung der Radarwellen reziprok ist, gilt für die Erwartungswerte $E(A_{ij}) = E(A_{ji})$, d. h. je zwei Kreuzecho-Akkumulatoren A_{ij}, A_{ji} enthalten denselben Signalanteil; lediglich deren Rauschanteil ist unterschiedlich. Dieser Umstand kann in einer nachfolgenden Verarbeitung für eine Mittelung der beiden Akkumulatorenhalte genutzt werden, um das Rauschen weiter zu reduzieren, oder zur Reduktion des Rechen- und Hardwareaufwands, indem nur ein Akkumulator realisiert und ausgewertet wird.

Patentansprüche

1. Sensoranordnung mit einem Puls-Echo-Radarsystem, mit der
 - a) ein Trägersignal eines Mikrowellen-Sendeoszillators (2) pulsförmig mit einer vorgegebenen Pulswiederholrate in einem Sendefenster ausgesendet wird, an einem Zielobjekt reflektiert und in einem Mischer (7) aus der Zeit vom Aussenden des Pulses und dem Eintreffen der reflektierten Strahlung die Lage des Zielobjekts auswertbar ist und mit der
 - b) mittels eines zufallsgesteuerten Schalters (R_i bzw. R_1 bis R_4) die Pulse mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit aussendbar sind, wobei die stochastischen Pulsfolgen des Sendefensters im Empfängerzweig (7, 9, 10) bekannt sind.
2. Sensoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
 - a) ein Array von mehreren Sender- und Empfängerbaugruppen (11, 20, 30, 40) mit Schaltern (R_1, R_2, R_3, R_4) aufgebaut ist, bei denen die stochastischen Pulsfolgen jedes Sendefensters in jedem Empfängerzweig (7, 9, 10) bekannt sind und die Sender- und Empfängerbaugruppen (11, 20, 30, 40) derart miteinander verknüpft sind, dass in jedem der Empfängerzweige (7, 9, 10) die

stochastischen Pulsfolgen jedes Sendefensters separat auswertbar sind.

3. Sensoranordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

mit den Schaltern (R_1, R_2, R_3, R_4) das jeweilige Sendefenster in Abhängigkeit von der stochastischen Pulsfolge des jeweiligen Sendesignals freigebbar ist und an jedem Empfängerzweig (7, 9, 10) ein Empfangsfenster für alle ausgesendeten Pulse mit weiteren Schaltern (R'_1, R'_2, R'_3, R'_4) geöffnet wird, wobei eine Korrelation der jeweils einem Sendefenster zugeordneten Pulse mit den jeweils zugehörigen empfangenen Pulse nach einer Mischung der empfangenen Signale mit dem Trägersignal in jedem der jeweiligen Mischer (7) der Sender- und Empfängerbaugruppen (11, 20, 30, 40) durchführbar ist.

4. Sensoranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass

in jeder der Sender- und Empfängerbaugruppen (11, 20, 30, 40) jeweils ein von den Schaltern (R_1, R_2, R_3, R_4) im Sendezweig jeweils einer Sender- und Empfängerbaugruppe (11, 20, 30, 40) gesteuerter FiFo-Pufferspeicher (16, 17, 18, 19) vorhanden ist, mit dem das jeweilige Schaltsignal für jeden der Schalter (R_1, R_2, R_3, R_4) um eine jeweils festlegbare Anzahl von Perioden des Taktgenerators (5) verzögert werden kann.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG. 1

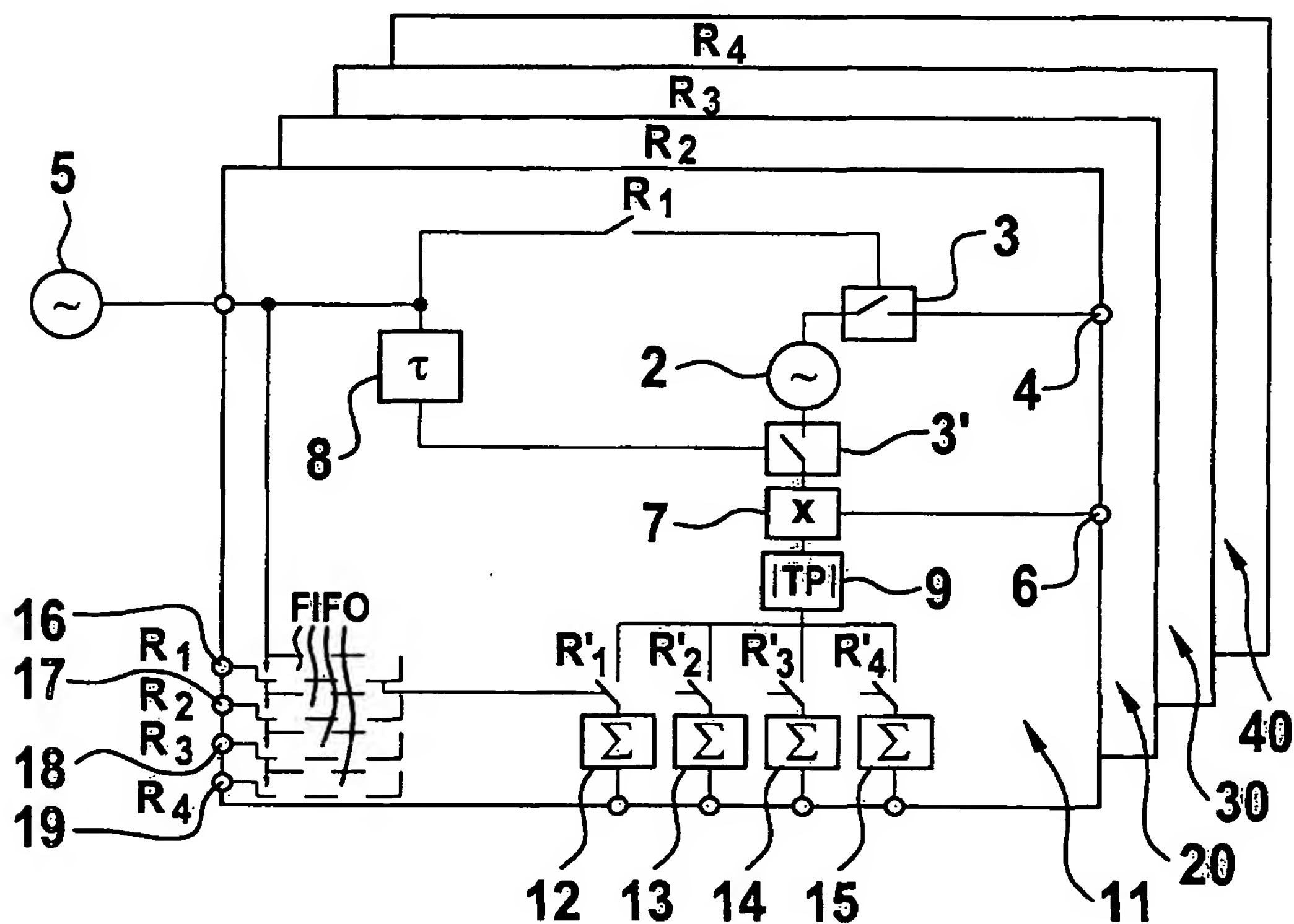
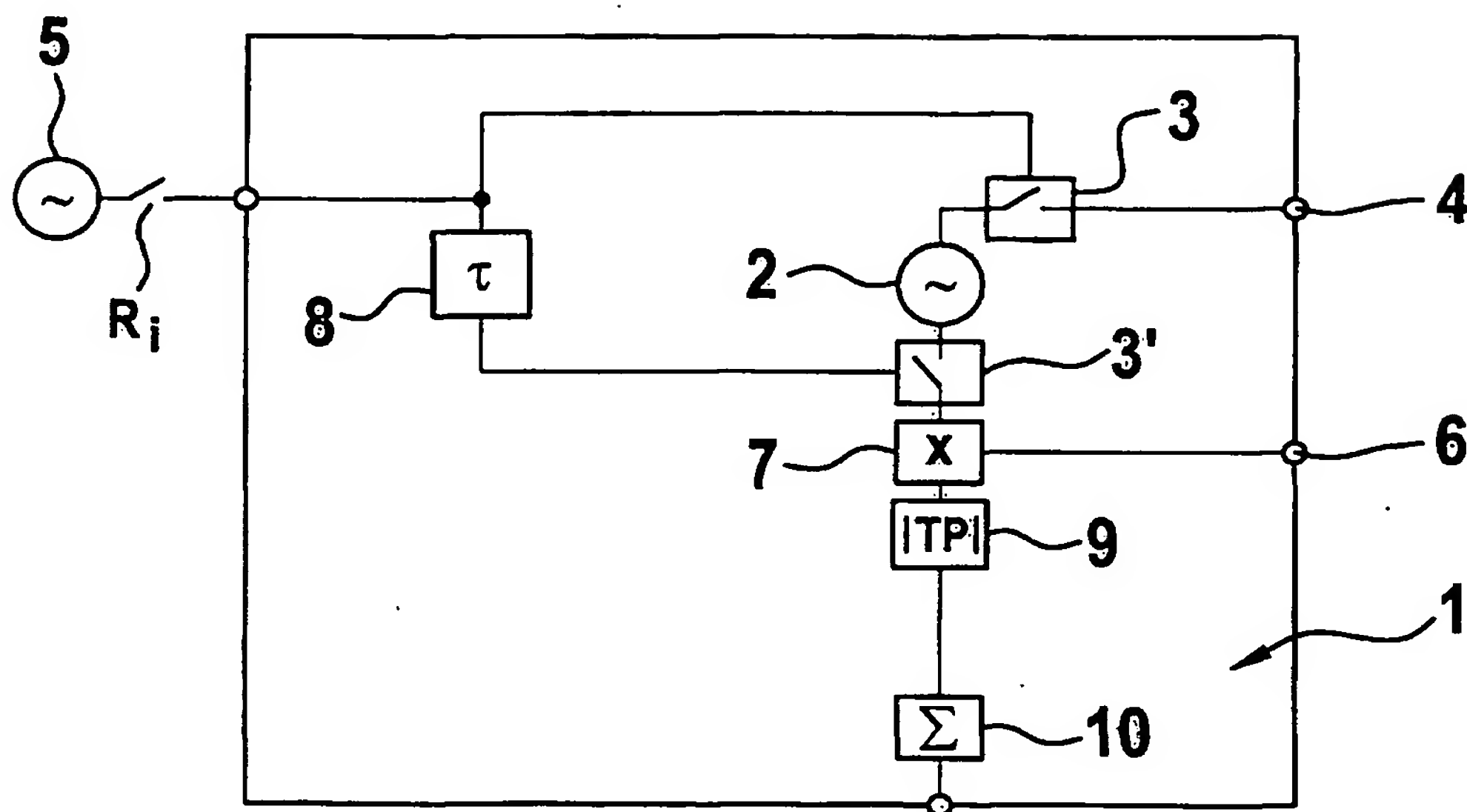


FIG. 2